

# El GPS RINEX y su presencia en España

Cristina Torrecillas Lozano.

Ingeniera en Cartografía y Geodesia. Colaboradora Honoraria del Departamento de Ingeniería Gráfica.

Universidad de Sevilla. Torrecil@cica.es

Juan José Martínez García.

Profesor Titular del Departamento de Ingeniería Gráfica. Universidad de Sevilla. Jjose@cica.es

El RINEX (Reciever INdependent Exchange Format), son las siglas de un formato de intercambio de información GPS<sup>1</sup>. Fue presentado en el 5º Simposium Geodésico Internacional en Posicionamiento por Satélites<sup>2</sup> que tuvo lugar en Las Cruces (México) en marzo de 1989. En Agosto de ese mismo año es recomendado por la Asociación Internacional de Geodesia (IAG<sup>3</sup>) como formato estándar de intercambio de ficheros GPS.

En este Simposium compitió con otros tres formatos de datos:

- FICA (*Floating Integer Character ASCII*): desarrollado por el *Applied Research Laboratory* de la Universidad de Texas.
- ARGO (*Automatic Reformatting GPS Observations*), programa desarrollado por la NGS<sup>4</sup> estadounidense.
- ASCII: formato de intercambio ASCII de la *Geodetic Survey* de Canadá para uso interno.

Tras una serie de deliberaciones, finalmente se optó por el formato RINEX pero con una serie de reformas sobre su desarrollo inicial.

El responsable de la primera versión de este formato fue el Instituto Astronómico de la Universidad de Berna (Suiza), empleándose por primera vez en la campaña geodésica EUREF-89 que realizó este mismo Instituto. En ella, se dispuso de 60 receptores de 4 marcas distintas, por lo que la necesidad de disponer de un fichero de intercambio de datos que facilitara el cálculo de bases en conjunto era primordial.

Esta primera versión del RINEX solamente era capaz de transformar los datos de posicionamientos estáticos. Posteriores versiones incluyeron el resto de posicionamientos (estático-rápido, pseudocinemático, cinemático...). La versión 2 salió a la luz en Septiembre de 1990, en el Simposium de Ottawa (Canadá), resultando ser una versión abierta a futuras pequeñas modificaciones, como la de 1993 que incluye un pequeño cambio en los datos tomados bajo el *Antispoofing (A/S)*<sup>5</sup>, o la de inclusión de archivos de la constelación rusa GLONASS de principios de 1997. La NGS<sup>6</sup> es la institución que ha actuado como coordinador de la normalización de este formato.

La base del RINEX parte de que la mayoría del software para GPS emplea los siguientes observables:

- La medida de la portadora de fase en una o dos frecuencias (L1 o L2 y L2).
- La medida por Pseudodistancia o código.
- El tiempo obtenido en el instante de validar las medidas de fase y código.

Consecuentemente la mayoría de la información que recogen los receptores es innecesaria, pues únicamente con estos tres observables y alguna información adicional relativa al estacionamiento (altura de antena, nombre de la estación...) sería suficiente. También hay que tener en cuenta que el software asume que la lectura del tiempo en los receptores y en los satélites es correcta para la medida de la pseudodistancia y la fase de la portadora.

El RINEX implica que los datos binarios propios de cada tipo de receptor pueden ser transformados a formato independiente universal ASCII<sup>7</sup> durante el proceso de descarga, permitiendo así usar otro tipo de software o intercambiar datos procedentes de otros receptores. Dado que la estructura de los datos fuente (binario) difiere de cada receptor, es necesario que cada proveedor de software GPS genere un interprete para este formato. En la campaña EUREF-89 se necesitó de programas que trasladaran a RINEX los datos recogidos, pero la mayoría de las casas fabricantes no disponían de dicha posibilidad en aquel momento, por lo que el Instituto Astronómico de la Universidad de Berna tuvo que generar los programas adecuados para sus receptores. Dichos programas están disponibles al público y se puede tener acceso a ellos por Internet.

En la actualidad, la mayoría de fabricantes de software GPS incluyen en su paquete informático la opción de carga y descarga de ficheros RINEX, con opciones de carga directamente del archivo fuente o aplicando una transformación a los ficheros propios del programa. En el caso del software GPSurvey<sup>TM</sup> (Trimble<sup>TM</sup>) la creación de archivos de este tipo no es opcional, el programa que los realiza se desarrolla en entorno DOS, su nombre es DAT2RIN.exe y se encuentra ubicado en el directorio GPSurvey\bin (Las opciones de este programa aparecen tecleando el nombre del archivo). Sin embargo, la casa Leica<sup>TM</sup> y su software Sky<sup>TM</sup> ofrecen en un paquete independiente las posibilidades relacionadas con este formato. Existen además programas independientes de las principales casas fabricantes que se dedican a servir de tra-

ductores entre casi todos los receptores existentes y el RINEX.

Dado que el RINEX es un archivo de intercambio de información cumple con la mayoría de los condicionantes que se imponen a un fichero de intercambio (información únicamente necesaria, fácilmente transportable entre los diversos sistemas operativos, no-redundancia de datos, posibilidad de agregar nuevas observaciones...), excepto con uno fundamental: *la gran longitud de sus ficheros*. Inicialmente pudo haberse optado por la disminución de dicho tamaño escogiendo un formato binario pero a costa de perder accesibilidad a su contenido y disponibilidad para el usuario. En la actualidad con los programas de compresión de ficheros se consigue reducir indiscutiblemente el fichero RINEX en un factor de tres o más. Por ejemplo, un archivo de medio día de observación, con épocas de 30 segundos, puede llegar a ocupar de 1.5-2 Mb fácilmente compresibles a 500-600 kb o incluso menos. Pueden emplearse los ya conocidos formatos de compresión (ARJ, ZIP...), aunque la Universidad de Delft (Holanda) ha desarrollado un formato propio binario denominado CBI<sup>8</sup>, especialmente diseñado para el RINEX.

El formato RINEX se compone de la creación de cuatro tipos de archivos para su versión 2 y en adelante. Estos cuatro tipos son:

- El fichero de los datos de observación.
- El fichero de datos meteorológicos.
- El fichero con el mensaje de navegación.
- El fichero del mensaje de navegación del sistema GLONASS.

En las primeras versiones únicamente se disponía de dos ficheros, el de observación y el de navegación.

La grabación de estos archivos tiene un máximo de 80 caracteres por línea, facilitando así una fácil inspección del archivo en su visualización en la pantalla del ordenador, además cada fichero se compone de una cabecera y de una sección de datos.

La cabecera contiene la información general del fichero como puede ser la relativa a la estación, el receptor o la antena. La sección de datos contiene los datos referentes al tipo de archivo. Los datos de observación y meteorología son creados para cada sesión y lugar, mientras que el mensaje de navegación es independiente de estos.

La versión 2 de RINEX permite cabeceras adicionales para incluir nuevos registros en la sección de datos. Esto es muy útil cuando se producen cambios en la información de la estación durante la observación, como por ejemplo un cambio del método de observación empleado: de rápido estático a cinemático. Dentro de cada cabecera es posible incluir comentarios, sólo hace falta situar el registro «END OF HEADER» al final de dichas líneas.

Dentro de cada a, en concreto desde el carácter nº 61 al nº 80, existe una pequeña descripción de registro, la información que contiene esa línea, esto indudablemente favorece el entendimiento del fichero casi a primera vista. Al final de este artículo se presenta una serie de ejemplos de los archivos RINEX.

La nomenclatura de un fichero RINEX sigue la estructura «ssssdddf.yyt», donde los primeros cuatro caracteres establecen la identificación de la base, los tres siguientes indican el día del año (365 días), y el octavo carácter indica el número de sesión. Los dos primeros caracteres de la extensión se corresponden con el año actual y el último denota el tipo de fichero (n: navegación GPS, o: observación, g: navegación GLONASS).

Cada fichero RINEX hace referencia a los datos recolectados por un receptor en una estación y en una sesión. Aunque en la versión 2 es posible dejar colgado el fichero y recoger datos en modo secuencial para medidas cinemáticas o estático-rápidas. Además, el RINEX de esta versión permite combinar observaciones de otros sistemas de observación como puede ser el TRANSIT.

En el fichero de datos de la observación la pseudodistancia se mide en Metros. Se aceptan tres tipos de

pseudodistancias, la C1 (código C/A o estándar sobre la frecuencia L1), la P1 (Código P o Precise en L1) y la P2 (Código P en L2). Algunos receptores no recogen observaciones sobre la frecuencia L2 bajo A/S, dado que en este caso el código P es encriptado pasando a ser el código Y; si se dispone de un descriptador, el RINEX es capaz de generar un código P2 sintético, pero de todas formas estas observaciones deben de ser marcadas como afectadas por el A/S.

La medición de fase también se puede realizar sobre las frecuencias L1 o L2, y se denominan del mismo modo L1 y L2. Se mide en ciclos completos, aunque en los primeros receptores la unidad era el medio ciclo, debiéndose convertir los datos a ciclos completos. Este tipo de receptores además presentan otros tipos de problemas con la medición de la pseudodistancia que es ambigua e incluso con la medición de código y fase porque no se realizaba al mismo tiempo; estos inconvenientes hacen necesaria una manipulación de datos previa a la transformación a RINEX.

El RINEX también dispone de lugar para las mediciones Doppler en aquellos receptores donde este disponible la lectura de sus observables D1 y D2. En el RINEX se expresan en Hertz.

La fase debe ser expresada en el mismo sentido que la pseudodistancia, un incremento en la pseudodistancia implica un incremento en el valor de la fase, el cual es opuesto a la cuenta Doppler<sup>9</sup>.

Ninguno de estos observables debe de ser corregido por sesgos externos tales como la refracción atmosférica o el retardo del reloj del satélite.

Es necesario realizar una aclaración respecto a la medida del tiempo. La mayoría de los receptores miden el tiempo en la llegada de la señal tanto para la pseudodistancia como para la medición de fase. Estos receptores además sincronizan el tiempo de las observaciones obtenidas de los diversos canales del receptor a diversos satélites al mismo tiempo. Dado que el reloj del receptor es esencialmente independiente de él de los satélites, la observación real puede diferir entre

varios receptores. Las diferencias en general suelen ser de menos, de un milisegundo debido a que los receptores GPS sincronizaron sus relojes con tiempo real GPS. Además si el receptor o el software conversor ajusta las medidas usando tiempo real descorregido de retardos del reloj del satélite, la consistencia de los tres observables base (la fase, la pseudodistancia y el tiempo) debe mantenerse. Esto requiere la corrección del retardo del reloj del receptor.

El fichero con el mensaje de navegación contiene los datos de orbitales, los parámetros del reloj y la precisión de las medidas de pseudodistancia de los satélites observados. Su cabecera puede contener opcionalmente datos del mensaje de navegación tales como los parámetros del modelo ionosférico para aparatos de una sola frecuencia y términos de correcciones relacionados con el tiempo GPS y UTC<sup>10</sup>. Una gran parte de este fichero está basado en el formato ARGO de la NGS.

El fichero de navegación GLONASS sigue esta misma filosofía para su cabecera. Sin embargo, la estructura de datos difiere mucho de la empleada por el GPS, sobretodo debe definir la diferencia entre los sistemas de tiempo empleados en las dos constelaciones. Además define las órbitas de los satélites por sus coordenadas, insertadas desde las bases centrales a unas horas determinadas e indicándose la antigüedad de dicha información. La definición del tiempo GLONASS también ha dado sus problemas, siendo necesario indicar la procedencia del tiempo de referencia de las observaciones. Dado su pequeño uso actual en España no se profundizará en los problemas que plantea la definición del tiempo GLONASS ni en sus observables, para ello se puede recurrir a la bibliografía.

Por último, el fichero de datos meteorológicos fue definido para la versión 2 en adelante del RINEX y su función es la de simplificar la exportación y procesamiento de datos meteorológicos recogidos por los observatorios. Sigue el

mismo principio que el fichero de observación. Contiene datos como la presión atmosférica en milibares, la temperatura seca y húmeda en grados Celsius y la humedad relativa; opcionalmente puede contener la humedad cenital del retardo ionosférico obtenida por un radiómetro de vapor de agua. Cada fichero contiene los datos de una estación.

Los últimos cambios efectuados en los ficheros RINEX están relacionados con la inclusión de observaciones procedentes de la constelación GLONASS, posibilitando ficheros mixtos, y a un nuevo tratamiento que se le da a las mediciones bajo A/S. Una de las variaciones más relevantes de la inclusión del sistema GLONASS es la creación de un nuevo fichero de navegación para dicho sistema, siendo -como ya se ha comentado- cuatro los archivos que se generan. Además el número PRN de cada satélite tiene el formato *snn*, donde *s* se corresponde con el identificador del sistema al que pertenece (G o blanco: para GPS, R: GLONASS, T: Transit) y *nn* es el número del satélite. Otros cambios han concernido a la ampliación de captación de satélites por época, dado que estaba limitado a 12 satélites, o a la inclusión de parámetros adicionales dentro del fichero de navegación.

El estado presente y futuro del RINEX pasa por los simposium que tienen lugar entre científicos de todo el mundo. Las mejoras que se van aceptando suelen ser publicadas por la Asociación Internacional de Geodesia y transmitidas a los productores de equipos y software GPS.

El servicio internacional GPS de Geodimánica, un servicio de estaciones GPS repartidas por todo el mundo, se ha convertido en uno de los mayores propulsores de este formato. Sus 40 estaciones operan ininterrumpidamente y es posible acceder a sus ficheros en este formato. Además esta red se utiliza para ofrecer efemérides precisas.

Una cuestión todavía por aclarar es que organización oficial se encargará del mantenimiento del formato, de momento la NGS es la que actúa como coordinadora.

La importancia del RINEX radica en la posibilidad de añadir a nuestra red datos auxiliares pertenecientes a Estaciones permanentes GPS. Esto toma importancia en todos aquellos posicionamientos que requieran de un postprocesado de datos, pues es en ese instante cuando es posible añadir información adicional de posibles estaciones cercanas.

En el ámbito mundial, además de las estaciones propias de la constelación NAVSTAR<sup>11</sup> (donde es posible recoger efemérides precisas) existen multitud de bases que ofrecen los archivos recogidos por sus estaciones. La mayoría tiene en común la disponibilidad de sus datos en el formato RINEX, sino en formato SSF<sup>12</sup>. Ejemplos de posibles estaciones de referencia pueden ser: Mississippi (EEUU), Casper CBS (EEUU), Columbia (EEUU), UKA (Reino Unido), Denver (EEUU)...

En España, la presencia de estas estaciones crece lentamente, proliferando fundamentalmente en las Universidades, aunque uno de los pioneros en el suministro de ficheros RINEX, recogidos desde sus propias estaciones permanentes, fue el Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC) dentro de su campaña de apoyo fotogramétrico GEOFONS. De momento solo pueden obtenerse datos de dos estaciones: *el Observatori de l'Ebre* y *el Cap de Creus*. Además de RINEX se ofrecen el formato SSF y DAT de la casa Trimble<sup>TM</sup>. Pueden consultarse y recogerse estos ficheros en: <http://www.icc.es>.

La Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica en Topografía de Madrid, tiene instalada y operativa una Estación de Referencia GPS, TRIMBLE 4000 SSI DOS CORS, desde el 4 de Noviembre de 1997. Los datos se disponen en formato SSF y RINEX-2, y están disponibles durante 3 meses. La dirección es: <http://nivel.euitto.upm.es/gps>.

La Escuela Politécnica Superior de Lugo (EPS) posee asimismo una base denominada *Base Comunitaria de referencia* instalada en la misma universidad. Ofrece dos tipos de ficheros, uno con datos del código y otro con datos de fase. Son ficheros comprimidos autoejecutables

```

2      OBSERVATION DATA      RINEX VERSION / TYPE
DAT2RIN 1.01c  CTL      17DEC97 1:41:44 GMT/PGM / RUN BY / DATE
CTL      CTL      OBSERVER
/ AGENCY
1951    TRIMBLE 4000ST  Nav 4.82 Sig 1.15  REC # / TYPE
/ VERS
0      4000ST L1/L2 GEOD      ANT # / TYPE
PUIG      MARKER
NAME
PUIG      MARKER
NUMBER
4921803.7980 -26220.8985 4043140.4872  APPROX POSITION
XYZ
2.7207      0.0000      0.0000      ANTENNA: DELTA H/E/
N

COMMENT
Note: The above offsets are CORRECTED.      COMMENT
Raw Offsets: H= 1.4000 E= 0.0000 N= 0.0000      COMMENT
Note: The above height is to the antenna base.      COMMENT

COMMENT
1 1 0      WAVELENGTH FACT
L1/2
3 L1 C1 L2      # / TYPES OF OBSERV
15      INTERVAL
1997 11 18 8 53 45.000000      TIME OF FIRST OBS
1997 11 18 12 0 0.000000      TIME OF LAST OBS
10      # OF SATELLITES
2 94 94 0      PRN / # OF OBS
4 447 447 361      PRN / # OF OBS
7 4 4 0      PRN / # OF OBS
10 544 544 474      PRN / # OF
OBS      PRN / # OF
14 150 150 104      PRN / # OF
OBS      PRN / # OF
16 350 350 294      PRN / # OF
OBS      PRN / # OF
18 714 714 649      PRN / # OF
OBS      PRN / # OF
19 444 444 432      PRN / # OF
OBS      PRN / # OF
24 341 341 327      PRN / # OF
OBS

```

```

2      NAVIGATION DATA      RINEX VERSION / TYPE
DAT2RIN 1.01c  CTL      17DEC97 1:41:48 GMT/PGM / RUN BY / DATE
COMMENT
.1583D-07 -.1490D-07 -.1192D-06 .1192D-06      ION ALPHA
.1229D+06 -.1802D+06 -.1311D+06 .7864D+06      ION BETA
-.328626015289D-13 -.102445483208D-07 405504 164 DELTA-UTC: A0,A1,T,W
12      LEAP SECONDS
END OF HEADER
2 97 11 18 12 0 0 0 -.424607656896D-03-.397903932026D-11 .000000000000D+00
.400000000000D+02 .499062500000D+02 .461697802995D-08 .220844907712D+01
.237300992012D-05 .172062086640D-01 .102501362562D-04 .515367649841D+04
.216000000000D+06 -.201165676117D-06 -.262064325823D+01 -.294297933578D-06
.940755731715D+00 .170718750000D+03 -.231624122461D+01 -.791640117846D-08
-.253581991279D-09 .100000000000D+01 .932000000000D+03 .000000000000D+00
.700000000000D+01 .000000000000D+00 -.232830643654D-08 .400000000000D+02
.214200000000D+06
4 97 11 18 9 59 44.0 .574802979827D-04 .193267624127D-11 .000000000000D+00
.670000000000D+02 -.830000000000D+02 .440911222865D-08 -.269479932176D+01
-.410899519920D-05 .446570944041D-02 .351108610630D-05 .515363909721D+04
.208784000000D+06 -.763684511185D-07 -.463331339839D-05 .484287738800D-07
.976008781952D+00 .319031250000D+03 -.899747933366D+00 -.812248119109D-08
-.921466954226D-10 .100000000000D+01 .932000000000D+03 .000000000000D+00
.700000000000D+01 .000000000000D+00 .232830643654D-08 .670000000000D+02
.204780000000D+06

```

```

2      METEOROLOGICAL DATA      RINEX VERSION / TYPE
XXRINEXM V9.9  AIUB      3-APR-96 00:10      PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF A MET DATA FILE      COMMENT
A 9080      MARKER NAME
3 PR TD HR      # / TYPES OF OBSERV
PAROSCIENTIFIC 740-16B      0.2 PR SENSOR
MOD/TYPE/ACC
HAENNI      0.1 TD SENSOR MOD/TYPE/ACC
ROTRONIC I-240W      5.0 HR SENSOR
MOD/TYPE/ACC
0.0 0.0 0.0      1234.5678 PR SENSOR POS XYZ/H
END OF HEADER
96 4 1 0 0 15 987.1 10.6 89.5
96 4 1 0 0 30 987.2 10.9 90.0
96 4 1 0 0 45 987.1 11.6 89.0

```

```

2      GLONASS NAVMESS DATA      RINEX VERSION / TYPE
V1.3 VAX University of Berne 30-AUG-93 17:57 PGM / RUN BY / DATE
1993 8 7 -0.141188502312D-04      CORR TO SYSTEM TIME
END OF HEADER
1 93 8 7 15 15 0.0 0.161942094564D-03 0.181898940355D-11 0.542700000000D+05
0.129469794922D+05 0.130014419556D+010 .186264514923D-08 0.000000000000D+00
-0.380712744141D+04 0.266516971588D+010 .000000000000D+00 0.170000000000D+02
0.216525634766D+050 .124328994751D+01 -0.186264514923D-08 0.000000000000D+00
17 93 8 7 15 15 0.0 0.717733055353D-04 0.272848410532D-11 0.542700000000D+05
0.305286718750D+040 .311648464203D+010 .000000000000D+00 0.000000000000D+00
-0.108431787109D+05 0.317855834961D+000 .000000000000D+00 0.210000000000D+00
0.186264514923D-08 0.000000000000D+00

```

que generan los ficheros de navegación y observación RINEX, solo ofrecen este formato. La dirección en Internet es la siguiente: <http://sucuslugo.lugo.usc.es/~japardi/gps.html>.

De momento se tiene conocimiento de estas bases, puede que existan más, pero la distribución de su información al usuario no se desarrolla por Internet. Entre las futuras bases está el proyecto de la Escuela Politécnica Superior de Jaén de establecer un nuevo punto de referencia.

Gunter Werner. (1994). Correo-e: [lgscb@cobra.jpl.nasa.gov](mailto:lgscb@cobra.jpl.nasa.gov). *RINEX: The Receiver-Independent Exchange Format*. GPS World Julio 1994. Pag. 48-52.

Gunter Werner. (1997). *RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Version 2*. <http://lgscb/data/format/rinex2.txt>. Revisión de abril 1997.

Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Collins, J. (1994). *GPS Theory and Practice*. Editorial Springer-Verlag.

Kleusberg, A. y Teunissen, P.J.G.. (1996). *GPS for Geodesy*. Lectures Notes Earth Sciences, nº60. Editorial Springer-Verlag.

Leick, A. (1994). *GPS Surveying*. Editorial John

Wiler & Son Inc.

Leick, A. (1994). *GPS Surveying*. Editorial John Wiler & Son Inc.

Navigation, (1986-1994). *Paper published in Navigation*, Vol. I, II, III y IV. Impreso por The Institute of Navigation.

Seeber, G. (1993). *Satellite Geodesy*. Editorial Walter de Gunter-Berlin-New York.

Torreillas Lozano, C. (1998). *Aplicación del método LAMBDA a la resolución de ambigüedades en modelos GPS*. Proyecto Final de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Topográfica. Universidad Politécnica de Valencia. 262 pp.

Torreillas Lozano, C. y Martínez García, J. J. (1998). *Resolución de ambigüedades gps: técnicas empleadas y estudios futuros*. Mapping nº49, Octubre 1998. Pag. 6-18.

1. En inglés, Global Positioning System.
2. En inglés, 5<sup>th</sup> International Geodetic Symposium on Satellite Positioning.
3. En inglés, International Association of Geodesy.
4. En inglés, National Geodetic Survey.
5. Método de degradación de la señal GPS que consiste en una encriptación del código P.
6. En inglés, U.S. National Geodetic Survey.
7. En inglés, American Standart Code for Information Exchange.
8. En inglés, Compressed Binary Format.
9. Sistema de medición de distancia basado en la recogida de cambios de frecuencias de los satélites.
10. En inglés, Universal Time coordinate, tiempo universal coordinado.
11. Constelación de satélites que ofrecen sus servicios al sistema GPS.
12. Formato binario.